

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2002-303660

(43)Date of publication of application : 18.10.2002

(51)Int.Cl.

G01R 33/02
F16D 65/21

(21)Application number : 2001-104267

(71)Applicant : HONDA MOTOR CO LTD

(22)Date of filing : 03.04.2001

(72)Inventor : SEKIYA SHIGENOBU

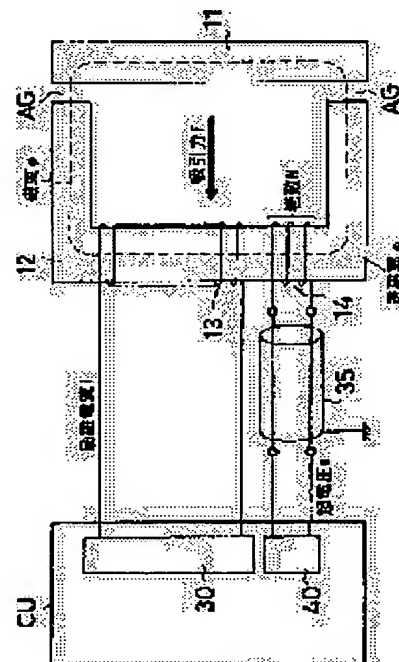
(54) APPARATUS AND METHOD FOR DETECTING MAGNETIC FLUX

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To detect magnetic flux accurately by detecting main magnetic flux itself that flows through a magnetic path.

SOLUTION: The magnetic flux detection apparatus comprises a core member 12 and an armature member 11 for generating magnetic flux by receiving the supply of an excitation current to an excitation coil 13, and supplies and controls an excitation current to the excitation coil 13 by an excitation current controller 30.

In this case, a magnetic flux calculator 40 is provided for measuring an induced electromotive voltage that is generated according to the change in magnetic flux from a search coil 14 that is provided in a magnetic path where the magnetic flux passes to calculate magnetic flux. The excitation current controller 30 performs excitation current supply control for increasing an excitation current from a zero current value to a specific current value for first specific time T1, and then decreasing an excitation current from a specific current value to a zero current value for second specific time T2. The magnetic flux calculator 40 calculates magnetic flux from the difference between an increased electromotive voltage integral value obtained by integrating an induced electromotive voltage that is generated from the search coil 14 at the first specific time T1, and a reduced electromotive voltage integral value for integrating the induced electromotive voltage that is generated from the search coil at the second specific time.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

28.01.2002

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision
of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's
decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号
特開2002-303660
(P2002-303660A)

(43)公開日 平成14年10月18日(2002.10.18)

(51)Int.Cl.⁷

識別記号

F I

ターマート(参考)

G 0 1 R 33/02

G 0 1 R 33/02

B 2 G 0 1 7

F 1 6 D 65/21

F 1 6 D 65/21

A 3 J 0 5 8

審査請求 有 請求項の数6 O L (全 10 頁)

(21)出願番号 特願2001-104267(P2001-104267)

(22)出願日 平成13年4月3日(2001.4.3)

(71)出願人 000005326

本田技研工業株式会社

東京都港区南青山二丁目1番1号

(72)発明者 関谷 重信

埼玉県和光市中央1丁目4番1号 株式会
社本田技術研究所内

(74)代理人 100092897

弁理士 大西 正悟

Fターム(参考) 2G017 AA04 AB07 AD02 BA05 BA15

3J058 AA44 AA48 AA70 AA78 AA87

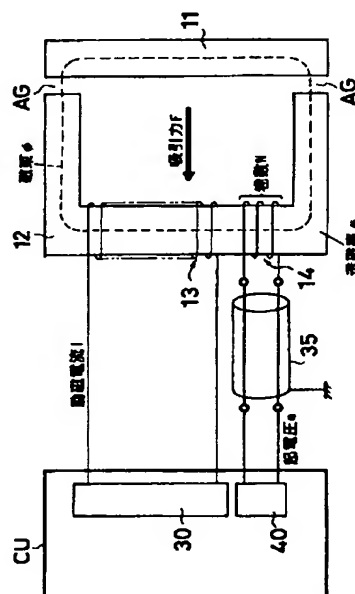
BA60 DB04

(54)【発明の名称】 磁束検出装置および方法

(57)【要約】

【課題】 磁路を流れる主磁束そのものを直接検出して高精度の磁束検出を行う。

【解決手段】 磁束検出装置は、励磁コイル13への励磁電流の供給を受けて磁束を発生させるコア部材12およびアーマチュア部材11を備え、励磁電流制御器30により励磁コイル13への励磁電流の供給制御を行う。このとき磁束が通る磁路内に配設されたサーチコイル14から磁束の変化に応じて発生する誘導起電圧を測定して磁束を算出する磁束算出器40を備える。励磁電流制御器30は、零電流値から所定電流値まで第1所定時間T1にわたって励磁電流を増加させた後、所定電流値から零電流値まで第2所定時間T2にわたって励磁電流を減少させるような励磁電流供給制御を行い、磁束算出器40は、第1所定時間T1においてサーチコイル14から発生する誘導起電圧を積分した増加起電圧積分値と第2所定時間においてサーチコイルから発生する誘導起電圧を積分した減少起電圧積分値との差から磁束を算出する。



【特許請求の範囲】

【請求項 1】 励磁コイルを有して構成され、前記励磁コイルへの励磁電流の供給を受けて磁束を発生させる磁束発生器と、前記励磁コイルへの前記励磁電流の供給制御を行う励磁電流制御器と、前記磁束発生器により発生される磁束が通る磁路内に配設されて、前記磁束の変化に応じて誘導起電圧を発生させるサーチコイルと、前記サーチコイルにおいて発生した誘導起電圧を測定して前記磁束発生器により発生された磁束を算出する磁束算出器とを備え、前記励磁電流制御器は、零電流値から所定電流値まで第 1 所定時間にわたって前記励磁電流を増加させた後、所定電流値から零電流値まで第 2 所定時間にわたって前記励磁電流を減少させる励磁電流供給制御を行い、前記磁束算出器は、前記第 1 所定時間において前記サーチコイルから発生する誘導起電圧を積分した増加起電圧積分値と前記第 2 所定時間において前記サーチコイルから発生する誘導起電圧を積分した減少起電圧積分値との差から前記磁束発生器により発生された磁束を算出することを特徴とする磁束検出装置。

【請求項 2】 前記第 1 所定時間において前記サーチコイルから発生する誘導起電圧の増加分に対応する増加分積分値の大きさと、前記第 2 所定時間において前記サーチコイルから発生する誘導起電圧の減少分に対応する減少分積分値の大きさとが等しくなるように前記励磁電流制御器による励磁電流供給制御が行われることを特徴とする請求項 1 に記載の磁束検出装置。

【請求項 3】 前記第 1 所定時間と前記第 2 所定時間とが等しく、前記第 1 所定時間において緩やかに前記励磁電流を増加させるときでの前記励磁電流の増加率の絶対値と前記第 2 所定時間において緩やかに前記励磁電流を減少させるときでの前記励磁電流の減少率の絶対値とが等しくなるように前記励磁電流制御器による励磁電流供給制御が行われることを特徴とする請求項 1 もしくは 2 に記載の磁束検出装置。

【請求項 4】 前記第 1 所定時間において前記サーチコイルから発生する誘導起電圧および前記第 2 所定時間において前記サーチコイルから発生する誘導起電圧がともに正の値もしくはともに負の値となるように前記誘導起電圧をオフセットさせる起電圧オフセット調整器を有することを特徴とする請求項 1 ～ 3 のいずれかに記載の磁束検出装置。

【請求項 5】 励磁コイルへ励磁電流を流して磁束を発生させるように構成し、前記磁束が通る磁路内にサーチコイルを配設し、前記磁束の変化に応じて前記サーチコイルから発生する誘導起電圧を測定して前記磁路内に発生した磁束を算出する磁束検出方法において、零電流値から所定電流値まで第 1 所定時間にわたって増

加する励磁電流を前記励磁コイルに供給するとともに、この間において前記サーチコイルから発生する誘導起電圧を積分して増加起電圧積分値を求め、前記第 1 所定時間の経過後に続けて、前記所定電流値から零電流値まで第 2 所定時間にわたって減少する励磁電流を前記励磁コイルに供給するとともに、この間において前記サーチコイルから発生する誘導起電圧を積分して減少起電圧積分値を求め、前記増加起電圧積分値から前記減少起電圧積分値を減算した値から前記磁路内に発生した磁束を算出することを特徴とする磁束検出方法。

【請求項 6】 前記第 1 所定時間において増加する前記励磁電流を前記励磁コイルに供給したときに前記サーチコイルから発生する起電圧の増加分のみを積分して求まる増加分積分値の絶対値と、前記第 2 所定時間において減少する前記励磁電流を前記励磁コイルに供給したときに前記サーチコイルから発生する起電圧の減少分のみを積分して求まる減少分積分値の絶対値とが等しくなるように、前記第 1 所定時間における励磁電流の増加特性および前記第 2 所定時間における励磁電流の減少特性を設定することを特徴とする請求項 5 に記載の磁束検出方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は、励磁コイルを有して構成され、この励磁コイルへの励磁電流の供給を受けて発生した磁束を検出する装置および方法に関する。

【0002】

【従来の技術】 励磁コイルへ励磁電流を流して磁束を発生させるように構成した電磁装置は従来から良く知られており、このような電磁装置による電磁力をクラッチ係合力として用いてなる電磁クラッチも良く知られている。例えば、特開平 4-312217 号公報には、自動車のリアディファレンシャルギヤにメインクラッチの係合により作動する差動制限装置を設け、このメインクラッチを電磁クラッチからなるパイロットクラッチを介して係合させる構成が開示されている。この電磁クラッチは、その係合力（締結力）を検出してコイルに供給する電流のデューティ値をフィードバック制御するように構成されている。このため、クラッチ係合力の検出が必要であり、コイルが発生する主磁束の漏れ磁束をホール素子からなる磁束密度センサで検出してクラッチ係合力を検出し、上記フィードバック制御を行うようになっている。

【0003】

【発明が解決しようとする課題】 ところで、上記のように主磁束の漏れ磁束をホール素子を用いて磁束密度として検出する構成の場合には、ホール素子からなる磁束密度センサの取付位置の若干のずれが検出精度に影響を与えるため、正確な磁束検出が難しいという問題がある。

さらに、磁気回路の効率を高めようとするとも漏れ磁束が減少して検出精度が低下するという問題、すなわち、漏れ磁束を小さくすれば効率が高くなるのであるが漏れ磁束を小さくすると磁束検出精度が低下するという問題もある。

【0004】本発明はこのような問題に鑑みたもので、磁路を流れる主磁束そのものを直接検出するように構成し、漏れ磁束を小さくしても精度の高い磁束検出を行えるような構成の磁束検出装置および方法を提供することを目的とする。

【0005】

【課題を解決するための手段】このような目的達成のため、本発明に係る磁束検出装置は、励磁コイルを有して構成されてこの励磁コイルへの励磁電流の供給を受けて磁束を発生させる磁束発生器（例えば、実施形態におけるアーマチュア部材 11 およびコア部材 12 から構成される）と、励磁コイルへの励磁電流の供給制御を行う励磁電流制御器と、磁束発生器により発生される磁束が通る磁路内に配設されて磁束の変化に応じて誘導起電圧を発生させるサーチコイルと、このサーチコイルにおいて発生した誘導起電圧を測定して磁束発生器により発生された磁束を算出する磁束算出器とを備えて構成される。その上で、励磁電流制御器は、零電流値から所定電流値まで第 1 所定時間にわたって励磁電流を増加させた後、所定電流値から零電流値まで第 2 所定時間にわたって励磁電流を減少させるような励磁電流供給制御を行い、磁束算出器は、第 1 所定時間においてサーチコイルから発生する誘導起電圧を積分した増加起電圧積分値と第 2 所定時間においてサーチコイルから発生する誘導起電圧を積分した減少起電圧積分値との差から磁束発生器により発生された磁束を算出する。

【0006】このような構成の磁束検出装置を用いれば、サーチコイルは磁束発生器により発生された磁束（いわゆる主磁束）が通る磁路内に配設されているためこの磁束そのものの変化に応じてサーチコイルに起電力を発生し、この起電力を積分すれば磁路内を通る磁束を正確に算出することができる。これにより、ホール素子のようなセンサで漏れ磁束を検出して磁束を求める場合に問題となる、センサの取付位置のバラツキによる検出誤差の発生や、磁気回路の効率向上に伴う漏れ磁束の減少による検出精度の低下を回避できる。

【0007】さらに、磁束算出器は増加起電圧積分値と減少起電圧積分値との差から磁束を算出するため、励磁電流が零のときにおけるサーチコイルの起電力の値にドリフトが存在したり、この起電力をオフセットさせたりした場合でも、これらドリフトもしくはオフセット分は両積分値の差により相殺されるため、ドリフトやオフセットの影響を受けることなく正確な磁束検出が可能である。さらに、このようにドリフトやオフセット値を求める必要がないため、磁束検出をより簡易に且つ迅速に行

うことができる。

【0008】なお、第 1 所定時間においてサーチコイルから発生する誘導起電圧の増加分に対応する増加分積分値の大きさと、第 2 所定時間においてサーチコイルから発生する誘導起電圧の減少分に対応する減少分積分値の大きさとが等しくなるように励磁電流制御器による励磁電流供給制御が行われるようにするのが好ましい。

【0009】このため、第 1 所定時間と第 2 所定時間とが等しく、第 1 所定時間において励磁電流を増加させるときでの励磁電流の増加率の絶対値と第 2 所定時間において励磁電流を減少させるときでの励磁電流の減少率の絶対値とが等しくなるように励磁電流制御器により励磁電流供給制御が行われるようにするのが好ましい。

【0010】原理的には、増加起電圧積分値における誘導起電圧の増加分に対応する増加分積分値の大きさが磁束に対応し、同様に減少起電圧の減少分に対応する減少分積分値の大きさも磁束に対応するため、いずれか一方の積分値のみでも磁束を求めることが可能である。しかしながら、目標とする励磁電流に対して実際に印加される励磁電流値との相違、印加電流に対する発生磁束特性の影響等から、増加分積分値と減少分積分値とに相違が生じやすいため、両者の差を求めることにより、両者の平均値としての磁束を算出してより正確な磁束検出が可能である。

【0011】また、第 1 所定時間においてサーチコイルから発生する誘導起電圧および第 2 所定時間においてサーチコイルから発生する誘導起電圧がともに正の値もしくはともに負の値となるように誘導起電圧をオフセットさせる起電圧オフセット調整器を設けても良い。このようにすれば、誘導起電圧は常に正の値として（もしくは負の値として）検出でき、検出装置構成が簡単で且つ検出が容易となる。

【0012】一方、本発明に係る磁束検出方法は、励磁コイルへ励磁電流を流して磁束を発生させるように構成し、磁束が通る磁路内にサーチコイルを配設し、磁束の変化に応じてサーチコイルから発生する誘導起電圧を測定して磁路内に発生した磁束を算出するものであるが、この方法においては、まず、零電流値から所定電流値まで第 1 所定時間にわたって増加する励磁電流を励磁コイルに供給するとともに、この間においてサーチコイルから発生する誘導起電圧を積分して増加起電圧積分値を求め、この第 1 所定時間の経過後に続けて、所定電流値から零電流値まで第 2 所定時間にわたって減少する励磁電流を励磁コイルに供給するとともに、この間においてサーチコイルから発生する誘導起電圧を積分して減少起電圧積分値を求め、次に、増加起電圧積分値から減少起電圧積分値を減算した値から磁路内に発生した磁束を算出する。

【0013】このような磁束検出方法によれば、サーチコイルは磁束発生器により発生された磁束（いわゆる主

磁束)が通る磁路内に配設されこの磁束そのものの変化に応じてサーチコイルに起電力を発生するため、この起電力を積分して磁路内を通る磁束を正確に算出することができる。これにより、ホール素子のようなセンサで漏れ磁束を検出して磁束を求める場合に問題となる、センサの取付位置のバラツキによる検出誤差の発生や、磁気回路の効率向上に伴う漏れ磁束の減少による検出精度の低下を回避できる。

【0014】さらに、この方法では、増加起電圧積分値と減少起電圧積分値との差から磁束を算出するため、励磁電流が零のときにおけるサーチコイルの起電力の値にドリフトが存在したり、この起電力をオフセットさせたりした場合でも、これらドリフトもしくはオフセット分は両積分値の差により相殺され、ドリフトやオフセットの影響を受けることなく正確な磁束検出が可能である。さらに、ドリフトやオフセット値を求める必要がなく、磁束検出をより簡易に且つ迅速に行うことができる。

【0015】なお、本発明の方法において、第1所定時間において増加する励磁電流を励磁コイルに供給したときにサーチコイルから発生する起電圧の増加分のみを積分して求まる増加分積分値の絶対値と、第2所定時間において減少する励磁電流を励磁コイルに供給したときにサーチコイルから発生する起電圧の減少分のみを積分して求まる減少分積分値の絶対値とが等しくなるように、第1所定時間における励磁電流の増加特性および第2所定時間における励磁電流の減少特性を設定するのが好ましい。

【0016】増加起電圧積分値における誘導起電圧の増加分に対応する増加分積分値のみから磁束を求めたり、減少起電圧の減少分に対応する減少分積分値のみから磁束を求めたりできるが、上記のように設定すれば、増加分積分値と減少分積分値との差を求めることにより、両者の平均値としての磁束を算出してより正確な磁束検出が可能である。

【0017】

【発明の実施の形態】以下、図面を参照して本発明に係る磁束検出装置および方法の好ましい実施形態について説明する。本発明に係る磁束検出装置を用いた電磁ブレーキ装置を図1に示している。この電磁ブレーキ装置は、固定保持された円筒状のブレーキハウジング1内に、多板ブレーキ機構BMと、この多板ブレーキ機構BMに係合力を付与する電磁力付与機構10とを配設して構成される。このブレーキハウジング1の中心部を貫通するとともにボールベアリング24によりブレーキハウジング1に対して回転自在に支持されて回転シャフト23が配設されており、電磁ブレーキ装置はこの回転シャフト23の回転を制動する。なお、この回転制動のため、回転シャフト23の上にブレーキハブ21がスプライン22により結合されて取り付けられている。

【0018】多板ブレーキ機構BMは、ブレーキハウジ

ング1内に配設された複数のセパレータプレート3および複数のフリクションプレート4と有する。セパレータプレート3は外周部においてブレーキハウジング1の内周に形成されたインナースプライン1aと噛合して軸方向に移動可能であるが、回転は規制されている。一方、フリクションプレート4は金属製の円盤状部材の両側面にフェーシング材を貼り付けて構成され、それぞれセパレータプレート3の間に配設されている。すなわち、セパレータプレート3とフリクションプレート4とが軸方向に交互に並んで配設されている。フリクションプレート4は内周部においてブレーキハブ21の外周に形成されたアウトースプライン21aと噛合しており、軸方向に移動可能であるが、回転シャフト23と一体回転するようになっている。

【0019】このようにして交互に位置してブレーキハウジング1内に配設された両プレート3、4の左側にエンドプレート5がリテーニングリング6により軸方向左側への移動が規制されて配設されている。一方、これら両プレート3、4の右側にプレッシャプレート2が配設されており、プレッシャプレート2を左方向に押圧して両プレート3、4をエンドプレート5に押し付けると、セパレータプレート3の側面とフリクションプレート4のフェーシング材との摩擦により両プレート3、4を同一回転させて、フリクションプレート4の回転を制動させることができる。すなわち、セパレータプレート3はブレーキハウジング1とスプライン結合されて固定保持されており、フリクションプレート4はブレーキハブ21とスプライン結合されて回転シャフト23と一体回転しているため、プレッシャプレート2を左方向に押圧することにより、フリクションプレート4の回転すなわち回転シャフト23の回転を制動することができる。

【0020】このようにプレッシャプレート2に左方向への押圧力を付与するために電磁押圧機構10がブレーキハウジング1内に設けられている。この電磁押圧機構10は、断面コ字状でリング状に形成されるとともにブレーキハウジング1内に配設されたコア部材もしくはヨーク部材(以下、コア部材と称する)12と、このコア部材のコ字状断面内に設けられたリング状の励磁コイル13と、励磁コイル13に隣接して配設されたリング状のサーチコイル14と、コア部材12のコ字状断面開口側と対向して配設された円盤状のアーマチュア部材11と、アーマチュア部材11の外周に結合された円筒状の押圧部材15とを有して構成される。コア部材12はブレーキハウジング1内に保持リング16により固定されて配設されている。また、励磁コイル13およびサーチコイル14はコア部材12のコ字状断面空間内に固定されて配設されている。アーマチュア部材11は押圧部材15に結合された状態でブレーキハウジング1内に軸方向に移動可能に配設されており、押圧部材15の左端面はプレッシャプレート2の右端面と当接可能となってい

10

20

30

40

50

る。なお、プレッシャプレート2と押圧部材15とを、一体に形成しても良い。

【0021】このような構成の電磁押圧機構10の作動構成を図2に模式的に示しており、コントロールユニットCUの励磁電流制御器30から励磁コイル13に励磁電流Iを供給することにより、コア部材12内を通るとともにアーマチュア部材11を通る磁束 ϕ （図中に破線で示す）が発生し、アーマチュア部材11をコア部材12の方に吸引する力Fが作用する。このようにアーマチュア部材11に吸引力Fが作用すると、アーマチュア部材11が押圧部材15とともに、図1において左方に移動し、押圧部材15の左端面がプレッシャプレート2の右端面と当接し、プレッシャプレート2を左方に押圧する。これにより、上述したように、プレッシャプレート2はセパレータプレート3およびフリクションプレート4をエンドプレート5に押し付け、回転シャフト23の回転を制動する。

【0022】このときの制動力は、アーマチュア部材11に作用する吸引力Fに対応し、このことから分かるように、コントロールユニットCUの励磁電流制御器30から励磁コイル13に励磁電流Iの供給制御を行うことにより回転シャフト23の回転制動制御を行うことができる。ここで、アーマチュア部材11に作用する吸引力Fをプレッシャプレート2にそのまま作用させるために、押圧部材15がプレッシャプレート2と当接した状態で、コア部材12の右端面とアーマチュアプレート11の左端面との間に間隙（これをエアギャップAGと称する）が発生するように設定されている。このエアギャップAGはフリクションプレート4のフェーシング材が摩耗するに応じて小さくなるため、エアギャップAGの変化に応じて励磁電流Iの供給制御を補正し、常に所望の吸引力Fを作用させるような制御を行う必要がある。このため、エアギャップAGの変化に対応して変化する磁束 ϕ をサーチコイル14により正確に検出するようになっており、サーチコイル14を用いた磁束の検出について、以下に説明する。

【0023】励磁コイル13に励磁電流Iが供給されて磁束 ϕ が発生すると、この磁束 ϕ の変化率（ $d\phi/dt$ ）に対応した誘導起電圧eがサーチコイル14に発生する。このようにサーチコイル14に発生する誘導起電圧eを検出するため、サーチコイル14は図2に示すようにシールドケーブル35を介してコントロールユニットCU内の磁束算出器40に繋がっている。磁束算出器40においては、サーチコイル14に発生した誘導起電圧eを検出するとともにこの誘導起電圧eから励磁コイル13により発生された磁束 ϕ を算出する。

【0024】この磁束 ϕ の算出について説明するために、まず、励磁電流Iと、吸引力Fと、磁束（有効磁束） ϕ と、エアギャップAGとの関係について説明する。図1に示す構成の電磁ブレーキ装置において、エア

ギャップAGをそれぞれ0.2mm、0.3mm、0.4mm、0.5mmと設定した場合に、励磁電流Iの変化に対する吸引力Fの変化特性を図3に示している。この図から分かるように、エアギャップAGが一定であれば、励磁電流Iが増加するのに応じて吸引力Fも増加する。一方、励磁電流が同一であればエアギャップAGが大きくなると吸引力Fは小さくなる関係にあることが分かる。

【0025】一方、励磁コイル14により発生する有効磁束 ϕ と吸引力Fとの関係はエアギャップAGの影響を受けることがなく、図4に示すように、有効磁束 ϕ が増加するに応じて吸引力が増加するという関係にある。そこで、図3の関係と図4の関係を合わせれば分かるように、励磁電流Iと有効磁束 ϕ とを求めればエアギャップAGの大きさもしくは変化を知ることができ、これに基づいて、励磁コイル13に対する励磁電流Iの供給制御を正確に行うことができる。また、図4の関係から分かるように、有効磁束 ϕ を求めればアーマチュア部材11に作用する吸引力Fすなわちブレーキ力を求めることができる。

【0026】このようなことから、磁束算出器40においては、サーチコイル14の誘導起電圧eから有効磁束 ϕ を求めている。ここで、サーチコイル14の誘導起電圧eと、サーチコイル14の巻き数Nと、励磁コイル13により発生する磁束 ϕ の時間変化率 $d\phi/dt$ との間には、次式（1）の関係が存在する（ファラデーの法則）。

【0027】

$$\text{【数1】 } e = N \cdot (d\phi/dt) \quad \dots (1)$$

【0028】磁束 ϕ はその時間変化率 $d\phi/dt$ を時間に対して積分すれば算出できるため、磁束算出器40においては式（1）を変形して時間積分する次式（2）により磁束 ϕ を算出する。

【0029】

【数2】

$$\phi = (1/N) \cdot \int e dt + C \quad \dots (2)$$

但し、Cは積分定数であり、励磁コイル13に励磁電流Iが供給される度にリセットされる。

【0030】以上のことから分かるように、磁束算出器40を用いて行う本発明の磁束検出では、サーチコイル14は磁束 ϕ 内に配設されてその時間変化に応じて発生する誘導起電圧eを検出するものであり、従来のようにホール素子からなる磁束密度センサを用いることなく磁束 ϕ を精密に検出することができる。なお、このようにして磁束 ϕ が算出されると、アーマチュア部材11が受ける吸引力（多板ブレーキ機構BMに作用する押圧力）Fは、アーマチュア部材11とコア部材12との間のエアギャップ断面積Sおよび透磁率 μ を用いて次式（3）により求めることができる。

【0031】

【数 3】 $F = \phi^2 / (2 \mu S) \dots (3)$

【0032】以上の説明から分かるように、磁束 ϕ はサーチコイル 14 の誘導起電圧 e を時間積分して求められるが（上記式（2）参照）、誘導起電圧 e は励磁電流 I の印加パターンに応じて変化するものであり、本発明では、図 5（a）に示すようなパターンの励磁電流 I を印加して磁束 ϕ やエアギャップ AG の大きさもしくは変化量を求めている。すなわち、図 5（a）に示すように、時間 t_0 から t_3 までの第 1 所定時間 T_1 にわたって零電流値から所定電流値 I_s まで増加する励磁電流を加え、これに続いて時間 t_3 から t_6 まで第 2 所定時間 T_2 にわたって所定電流 I_s から零電流値まで減少する励磁電流を加える。

【0033】このように図 5（a）に示すパターンの励磁電流 I を励磁コイル 14 に加えると、励磁電流が増加する間（時間 t_1 から t_2 の間）に正の誘導起電圧 $+e_0$ が発生し、励磁電流が減少する間（時間 t_4 から t_5 の間）に負の誘導起電圧 $-e_0$ が発生する。なお、この例では励磁電流の増加率および減少率をその絶対値が等しく且つ一定となるように設定しており、図 5（b）に示すように誘導起電圧 $+e_0$ および $-e_0$ はその大きさの絶対値が等しく且つ一定値となる。

【0034】このような励磁電流 I を励磁コイル 13 に加えた場合に、所定電流値 I_s が作用しているとき（時間 t_2 から t_4 の間）における発生磁束 ϕ は、上記式

（2）から分かるように、零電流値から所定電流値 I_s まで増加させるときに発生する誘導起電圧 e の積分値（第 1 所定時間 T_1 での誘導起電圧の積分値）として算出でき、同様に所定電流値 I_s から零電流値まで減少させるときに発生する誘導起電圧 e の積分値（第 2 所定時間 T_1 での誘導起電圧の積分値）として算出できる。すなわち、図 5（b）における時間 t_0 から t_3 までの間

（図 5（b）の場合には時間 t_1 から t_2 までの間）の誘導起電圧 e を示す面積 A_1 が所定電流値 I_s が作用するときの磁束 ϕ に該当する。また、図 5（b）における時間 t_3 から t_6 までの間（図 5（b）の場合には時間 t_4 から t_5 までの間）の誘導起電圧 e を示す面積 A_2 も所定電流値 I_s が作用するときの磁束 ϕ に該当する。このため、理論的には、上記面積 A_1 および A_2 のいずれか一方の検出のみでも磁束 ϕ を求めることが可能である。

【0035】しかしながら、図 5（c）に示すように、励磁電流 I が零電流値のときにドリフト起電圧と呼ばれる誤差誘導起電圧 ed が発生することが多く、このようなドリフト起電圧 ed が発生した状態では、第 1 所定時間 T_1 における誘導起電圧 e の積分（もしくは第 2 所定時間 T_2 における誘導起電圧 e の積分）を行ったのではドリフト起電圧 ed に対応する誤差を含んだ磁束 ϕ を求めることになり、正確な磁束検出が難しいという問題がある。このようなことから、本発明においては、磁束算出器 40 において、第 1 所定時間 T_1 における誘導起電

圧の積分値（これを増加起電圧積分値と称する）から第 2 所定時間 T_2 における誘導起電圧の積分値（これを減少起電圧積分値と称する）を減算して求めた値を 2 で除した値から磁束 ϕ を算出している。

【0036】ここで図 5（c）から良く分かるように、ドリフト起電圧 ed は常に一定の値であるため、 $T_1 = T_2$ という関係が成り立つ限り、増加起電圧積分値から減少起電圧積分値を減算するとドリフト起電圧 ed の積分値が相殺されて零となり、ドリフト起電圧 ed を含まない正確な磁束 ϕ を算出することができる。すなわち、この場合には、図 5（c）における面積 A_{31} と A_{32} との合計面積から面積 A_{41} と A_{42} との合計面積が減算されて零となり、励磁電流が実際に変化して発生する誘導起電圧に対応する面積 A_3 と A_4 との平均値から磁束 ϕ を求めることになり、ドリフト起電圧 ed の影響のない正確な磁束 ϕ の検出が可能である。なお、図 5（b）に示すようにドリフト起電圧 ed が零のときには、面積 A_1 （正の値）から面積 A_2 （負の値）を減算することにより、両面積 A_1 、 A_2 を合わせた面積が求まり、これを 2 で除して平均面積を算出するため、この場合にも同様に正確な磁束 ϕ の算出が可能である。

【0037】ところで、図 5（a）においては、励磁電流の増加率と減少率の絶対値を等しくしており、増加時の誘導起電圧 $+e_0$ と減少時の誘導起電圧 $-e_0$ の絶対値が等しくなるように設定しているが、増加率と減少率を相違させても良い。但し、これらを同一に設定する方が、誤差の小さな磁束検出が可能である。

【0038】以上のようにして磁束 ϕ を算出する場合、誘導起電圧 e は励磁電流が増加するときに正の値となり、減少するときに負の値となるため、磁束算出器 40 においては正負両方の電圧を検出できるような回路が必要で、回路構成が複雑化しやすい。このため、磁束算出器 40 を図 6 のように構成して、常に正の誘導起電圧 e が発生するようにしても良い。

【0039】図 6 に示す磁束算出器 40 は、高電位設定回路 41 と、低電位設定回路 42 と、電位設定抵抗 43 と、誘導起電圧測定ライン 44 と、保護回路 45 と、CPU 48 とから構成される。高電位設定回路 41 においては、+5 V の電源電圧を抵抗値が等しい二つの抵抗 41a、41b の間からオペアンプ 41c を介して取り出して +2.5 V の電圧をシールドケーブル 35 のライン 35a からサーチコイル 14 に作用させる。なお、図 6 においてはサーチコイル 14 の内部抵抗を符号 14a で示し、誘導起電圧発生機能を符号 14b で示している。一方、低電位設定回路 42 においては、+5 V の電源電圧を抵抗値が異なる二つの抵抗 42a、42b（抵抗 42a の抵抗値の方が大きい）の間からオペアンプ 42c を介して +0.5 V の電圧として取り出す。

【0040】このオペアンプ 42c の出力端は電位設定抵抗 43 を通るとともにシールドケーブル 35 のライン

10

20

30

40

50

35bを通してサーチコイル14に繋がる。そして、電位設定抵抗43とライン35bの間の位置Pに、この位置Pでの電位を測定する電位測定ライン44が繋がっている。電位測定ライン44は保護回路45を通してCPU48に繋がりと、位置Pの電圧をA/D変換して取り込み検出し、これを時間積分して磁束 ϕ の算出を行う。なお、保護回路45は電位測定ライン44の電圧が許容幅（例えば、0.3V～5.3V）を越えないようにしてCPU48に異常電圧が作用しないように保護するための回路である。

【0041】ここで、サーチコイル14の抵抗値（例えば、100 Ω ）に対して電位設定抵抗43は十分に大きな抵抗値（例えば、1k Ω ）に設定しており、サーチコ

$$\begin{aligned} VP &= (2.5 - 0.5) \times (1000 / 1100) + 0.5 \\ &= 2.31 \end{aligned}$$

【0043】このような構成の磁束算出器40において、励磁コイル13に図7(a)に示すようなパターンの励磁電流（これは図5(a)に示す励磁電流のパターンと同一である）を供給すると、CPU48により検出される誘導起電圧 e は、オフセット起電圧 e_2 を有しているため、図7(b)に示すように、時間 t_1 から t_2 の間においてサーチコイル14から発生される（誘導起電圧発生機能14bから発生される）正の誘導起電圧が加わった誘導起電圧 e_1 が発生し、時間 t_4 から t_5 の間においてサーチコイル14から発生される（誘導起電圧発生機能14bから発生される）負の誘導起電圧が加わった誘導起電圧 e_3 が発生する。CPU48においては、図7(b)に示す誘導起電圧 e が測定されるのであるが、この場合においても、第1所定時間 T_1 の間の誘導起電圧 e を時間積分した増加起電圧積分値から第2所定時間 T_2 の間の誘導起電圧 e を時間積分した減少起電圧積分値を減算して求めた値を2で除した値から磁束 ϕ を算出する。

【0044】このように増加起電圧積分値から減少起電圧積分値を減算すると、オフセット起電圧 e_2 の積分値が相殺され、正確な正確な磁束 ϕ の算出が行える。具体的には、図7(b)においてハッチングを施した面積A11とA13との合計面積から面積A21とA23との合計面積が減算されて零となり、さらに、時間 $t_1 \sim t_2$ における面積A12から時間 $t_4 \sim t_5$ における面積A22を減算することにより、面積15（サーチコイル14から実際に発生する正の誘導起電圧の積分値に対応する）と面積A25（サーチコイル14から実際に発生する負の誘導起電圧の積分値に対応する）とを合わせた面積が積分値として算出され、これを半分にした積分値（平均値）から正確な磁束 ϕ を算出できる。

【0045】以上においては、本発明に係る磁束検出装置を用いた電磁ブレーキ装置について説明したが、本発明に係る磁束検出装置の適用対象はこれに限定されるも

*イル14の誘導起電圧 e が零のときにおける位置Pの電圧VPは高電位設定回路41により設定される電圧+2.5Vに近い所定の電圧となる。なお、正確には、この所定電圧VPは、次式(4)で示すようになるが、この電圧が位置Pにオフセット起電圧として作用する。すなわ、CPU48により検出される誘導起電圧はこのオフセット起電圧が常時作用した状態となり、このオフセット起電圧にサーチコイル14から発生する実際の誘導起電圧 e が加わった電圧がCPU48において検出される。

【0042】

【数4】

... (4)

のではなく、電磁クラッチにも適用され、さらに、励磁コイルを用いて電磁力を発生させる装置であればどのようなものにも適用可能である。また、図6の磁束算出器においては誘導起電圧が常に正の電圧となるようにオフセットさせているが、誘導起電圧が常に負の電圧となるようにオフセットさせても良い。

【0046】

【発明の効果】以上説明したように、本発明によれば、サーチコイルは磁束発生器により発生された磁束（いわゆる主磁束）が通る磁路内に配設されているためこの磁束そのものの変化に応じてサーチコイルに起電力を発生し、この起電力を積分すれば磁路内を通る磁束を正確に算出することができる。これにより、ホール素子のようなセンサで漏れ磁束を検出して磁束を求める場合に問題となる、センサの取付位置のバラツキによる検出誤差の発生や、磁気回路の効率向上に伴う漏れ磁束の減少による検出精度の低下を回避できる。

【0047】さらに、磁束算出器は増加起電圧積分値と減少起電圧積分値との差から磁束を算出するため、励磁電流が零のときにおけるサーチコイルの起電力の値にドリフトが存在したり、この起電力をオフセットさせたりした場合でも、これらドリフトもしくはオフセット分は両積分値の差により相殺されるため、ドリフトやオフセットの影響を受けることなく正確な磁束検出が可能である。さらに、このようにドリフトやオフセット値を求める必要がないため、磁束検出をより簡易に且つ迅速に行うことができる。

【0048】なお、第1所定時間においてサーチコイルから発生する誘導起電圧の増加分に対応する増加分積分値の大きさと、第2所定時間においてサーチコイルから発生する誘導起電圧の減少分に対応する減少分積分値の大きさとが等しくなるように励磁電流制御器による励磁電流供給制御が行われるようにするのが好ましい。このため、第1所定時間と第2所定時間とが等しく、第1所

定時間において励磁電流を増加させるときでの励磁電流の増加率の絶対値と第2所定時間において励磁電流を減少させるときでの励磁電流の減少率の絶対値とが等しくなるように励磁電流制御器により励磁電流供給制御が行われるようにするのが好ましい。

【0049】原理的には、増加起電圧積分値における誘導起電圧の増加分に対応する増加分積分値もしくは減少起電圧の減少分に対応する減少分積分値のいずれか一方のみでも磁束を求めることが可能である。しかしながら、目標とする励磁電流に対して実際に印加される励磁電流値との相違、印加電流に対する発生磁束特性の影響等から、増加分積分値と減少分積分値とに相違が生じやすいため、上記のように両者の差を求めることにより、両者の平均値としての磁束を算出してより正確な磁束検出が可能である。

【0050】また、第1所定時間においてサーチコイルから発生する誘導起電圧および第2所定時間においてサーチコイルから発生する誘導起電圧がともに正の値もしくはともに負の値となるように誘導起電圧をオフセットさせる起電圧オフセット調整器を設けても良い。このようにすれば、誘導起電圧は常に正の値として（もしくは負の値として）検出でき、検出装置構成が簡単で且つ検出が容易となる。

【0051】一方、本発明に係る磁束検出方法によれば、サーチコイルは磁束発生器により発生された磁束（いわゆる主磁束）が通る磁路内に配設されこの磁束そのものの変化に応じてサーチコイルに起電力を発生するため、この起電力を積分して磁路内を通る磁束を正確に算出することができる。これにより、ホール素子のようなセンサで漏れ磁束を検出して磁束を求める場合に問題となる、センサの取付位置のバラツキによる検出誤差の発生や、磁気回路の効率向上に伴う漏れ磁束の減少による検出精度の低下を回避できる。

【0052】さらに、この方法では、増加起電圧積分値と減少起電圧積分値との差から磁束を算出するため、励磁電流が零のときにおけるサーチコイルの起電力の値にドリフトが存在したり、この起電力をオフセットさせたりした場合でも、これらドリフトもしくはオフセット分は両積分値の差により相殺され、ドリフトやオフセットの影響を受けることなく正確な磁束検出が可能である。

さらに、ドリフトやオフセット値を求める必要がなく、磁束検出をより簡易に且つ迅速に行うことができる。

【0053】なお、本発明の方法において、第1所定時間において増加する励磁電流を励磁コイルに供給したときにサーチコイルから発生する起電圧の増加分のみを積分して求まる増加分積分値の絶対値と、第2所定時間において減少する励磁電流を励磁コイルに供給したときにサーチコイルから発生する起電圧の減少分のみを積分して求まる減少分積分値の絶対値とが等しくなるように、第1所定時間における励磁電流の増加特性および第2所定時間における励磁電流の減少特性を設定するのが好ましい。このように増加分積分値と減少分積分値との差を求めることにより、両者の平均値としての磁束を算出してより正確な磁束検出が可能である。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明に係る磁束検出装置を用いて電磁ブレーキ装置を示す断面図である。

【図2】上記電磁ブレーキ装置を構成する電磁押圧機構の構成を模式的に示す説明図である。

【図3】上記電磁押圧機構における励磁電流 I と吸引力 F との関係を示すグラフである。

【図4】上記電磁押圧機構における有効磁束 ϕ と吸引力 F との関係を示すグラフである。

【図5】図5(a)は上記電磁押圧機構に供給される励磁電流 I の時間変化パターンを示し、図5(b)はこのときにドリフト起電圧がない状態でサーチコイルから発生する誘導起電圧 e の変化パターンを示し、図5(c)はドリフト起電圧がある状態でサーチコイルから発生する誘導起電圧 e の変化パターンを示すグラフである。

【図6】オフセット起電圧を発生させるようになった磁束算出器の構成を示す電気回路図である。

【図7】図6(a)は上記電磁押圧機構に供給される励磁電流 I の時間変化パターンを示し、図6(b)はこのときに図6の磁束算出器により検出される誘導起電圧 e の変化パターンを示すグラフである。

【符号の説明】

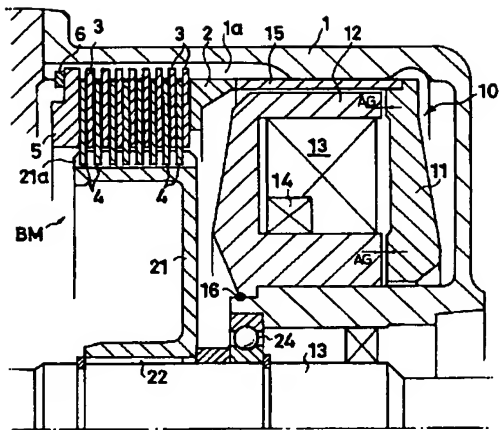
13 励磁コイル

14 サーチコイル

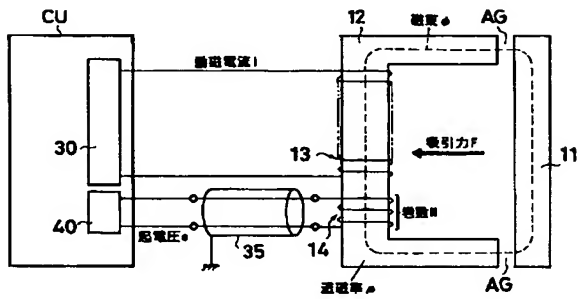
30 励磁電流制御器

40 磁束算出器

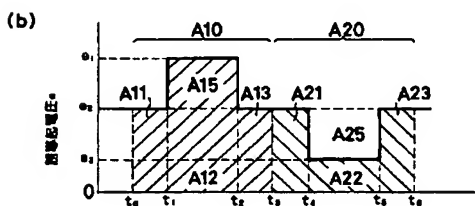
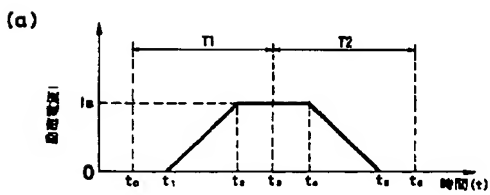
【図1】



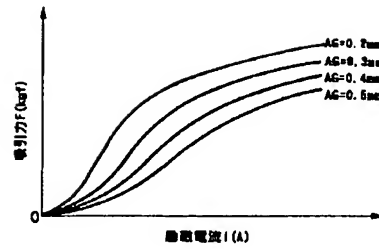
【図2】



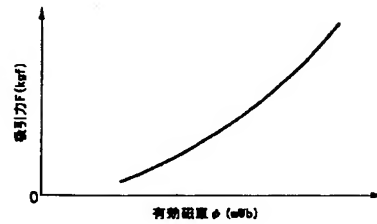
【図7】



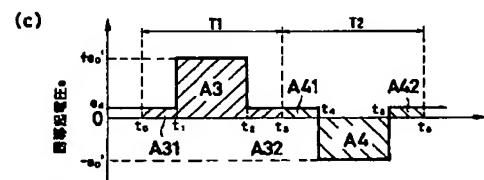
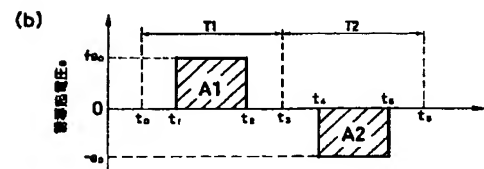
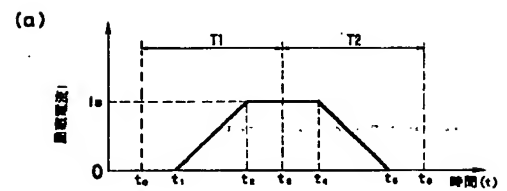
【図3】



【図4】



【図5】



【図6】

